

# BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE ANA TASARIM PROJESİ ÇALIŞMASI

Senior Design Projects Study in Biomedical Engineering Education

Mehmet ENGİN<sup>1</sup>

e-posta: mehmet.engin@ege.edu.tr

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Bornova, İzmir

**Özetçe:** Bu çalışmada, öncelikle Biyomedikal Mühendisliği ve Elektrik-Elektronik Mühendisliği programları karşılaştırılmıştır. Özellikle, Amerika Birleşik Devletleri üniversitelerindeki Biyomedikal Mühendisliği programlarında, ana tasarım projesi çalışması; endüstri, klinik ve ABET açısından incelenmektedir. Ülkemizdeki benzer durum; Biyomedikal Mühendisliğine yer veren Elektrik-Elektronik Mühendisliği programları, MÜDEK açısından değerlendirilmiştir.

*Anahtar Sözcükler:* Mühendislik Eğitimi, Ana Tasarım Projesi, ABET, MÜDEK, tıbbi teknoloji.

**Abstract:** In this study, firstly the programs of Biomedical Engineering and Electrical-Electronics Engineering were compared. Especially, we investigated senior design projects at the programs of USA universities according to the following considerations: industrial, clinical and ABET perspectives. Then, we evaluated the some Electrical-Electronics Engineering programs which have Biomedical Engineering option, according to above mentioned criteria of MUDEK.

*Keywords:* Engineering Education, Senior Design Project, ABET, MUDEK, Medical Technology.

## I. GİRİŞ

Biyomedikal Mühendisliği; elektrik, elektronik, bilgisayar ve makine mühendislikleri ile fizik ve kimya gibi temel bilimleri kullanarak tıbbi tanı ve tedavide yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve benzer sağlık sorunlarına çözüm aranmasını amaçlar. Biyomedikal Mühendisliği, 1950'li yıllarda gelişmeye başlamış ve bu süreçte çeşitli tanımlama tartışmaları yaşanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Milli Akademisi 1971 yılında yayınladığı bir raporla konuyu üç başlık altında toplamıştır [1].

1. Biyomühendislik: Biyolojik sistemlerin tanınmasında ve tıbbi uygulamaların gelişmesinde mühendislik yöntemlerinin uygulanması,
2. Medikal Mühendislik: Biyoloji ve tıpta kullanılan cihaz, malzeme, tedavi düzenleri ve yapay organların geliştirilmesinde mühendislik yöntemlerinin kullanılması,
3. Klinik Mühendisliği: Hastaneler içindeki sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi için mühendislik yöntemlerinin kullanılması.

Birinci gruptaki çalışmalar, fizyolojik sistemlerin anlaşılmasını amaçlamaktadır. Genellikle, matematiksel yöntemlerin kullanıldığı ve ölçümlerin alındığı bilimsel araştırmaya dönük etkinliklerdir.

İkinci gruptaki çalışmalar ise tanı ve tedavi tabanlı mühendislik sistemlerinin tasarımını ve geliştirmesini kapsamaktadır. Örneğin, tıbbi laboratuvar cihazları, görüntüleme cihazları, engelliler için yardımcı cihazların tasarımını konu edinmektedir.

Üçüncü gruptaki çalışmalar; kliniklerin sağlıklı işletilmesini sağlamak için, tıbbi cihazların seçimi, cihazların kalibrasyon ve bakımı, bunların teknik standartlarının belirlenmesi gibi etkinlikleri kapsar.

Görüleceği gibi biyomedikal mühendisliğinin; temel mühendislik, tıp-biyoloji, elektrik-elektronik, bilgisayar, malzeme mühendisliği ve fizik-kimya gibi temel bilgi ve becerileri kapsamakta olduğu görülmektedir. Biyomedikal mühendisliği ülkemizde lisans programlarının çok azında bağımsız bir bölüm olarak yer alırken birçok elektrik-elektronik mühendisliği programı içinde kısmi olarak yer bulmaktadır. Benzer tarzda, lisansüstü programlarda da kısmi olarak ele alınmaktadır. Özellikle, Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü, bu alanda lisansüstü çalışmalar yapmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, biyomedikal mühendislik eğitiminde mezuniyet-tasarım projesi çalışmasını ayrıntılı irdelerek gelişen koşullara göre nasıl şekillendirilebileceği hakkında bazı öneriler sunabilmektir.

## II. BİYOMEDİKAL İLE ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİKLERİ MÜFREDATLARININ ORTAK YANLARI

Elektrik-elektronik ve biyomedikal mühendislikleri programları arasında ilişkiyi gösterebilmek için ülkemizdeki farklı üniversitelerin ilgili bölümlerindeki temel ve uzmanlaşmaya yönelik ders dağılımları Tablo 1'de verilmektedir [2].

Tablolar incelendiğinde, derslerin büyük miktarda örtüştüğü görülmektedir. Dolayısıyla, Biyomedikal Mühendislik eğitimindeki bazı konuların, Elektrik-Elektronik Mühendisliği içinde kısmi olarak yer alması

normal karşılanmaktadır. Ayrıca, Biyomedikal Mühendisliğinin bazı konuları kısmi olarak, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü Elektronik Öğretmenliği ders planında da yer almaktadır [3].

**Tablo 1.** a) Elektrik-elektronik mühendisliği programlarında temel ve uzmanlaşmaya yönelik dersler, b) Biyomedikal mühendisliği programlarında temel ve uzmanlaşmaya yönelik dersler

Temel Dersler	Uzmanlaşmaya Yönelik Dersler
• Devre Teorisi	• Sinyal İşleme
• Yarı-iletken Aygıtlar	• Görüntü İşleme
• Elektronik Devreler	• Elektro-mekanik
• Sayısal Elektronik	• Kontrol Sistemleri
• Mikroişlemciler	• Ayırık Zamanlı Sistemler
• Sinyal ve Sistem Analizi	• Güç Elektroniği
• Programlama Dilleri	• Tele-komünikasyon
• Elektromanyetik Teori	• Mikrodalga Tekniği
• Sayısal Analiz	• Tümüleşik Devre Tasarımı
• Mühendislik Çizimleri	• Robotik
• Olasılık ve İstatistik	• İşletim Sistemleri
	• Veri Yapıları
	• Biyomedikal Elektronik

(a)

Temel Dersler	Uzmanlaşmaya Yönelik Dersler
• Anatomi ve Fizyoloji	• Biyomedikal Ölçüm ve Ölçüm Sistemleri
• Biyokimya	• Biyomedikal Sistem Tasarımı
• Biyomekanik	• Biyomedikal Sistem Simülasyonu
• Biyomalzeme	• Biyomedikal Sinyal İşleme
• Biyoistatistik	• Biyomedikal Görüntü İşleme
• Biyomedikal Mühendisliği Temelleri	• Fizyolojik Sistem Modellemesi
• Programlama Dilleri	• Sayısal Analiz
• Devre Teorisi	• Akışkanlar Mekaniği ve Enerji Aktarımı

• Elektronik Devreler	• Tele-komünikasyon
• Sayısal Elektronik	• Fizyolojik Kontrol Sistemleri
• Sinyal ve Sistem Analizi	• Elektromekanik
• Elektromanyetik Teori	• Yapay Organlar
• Tıbbi Görüntüleme	• Termodinamik
	• Mikroişlemciler
	• Bilgisayar Donanımı
	• Veri Yapıları

(b)

Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde Biyomedikal Mühendisliği ile ilgili dersler; Biyomedikal Elektronik ve Biyomedikal Sinyal Analizi gibi lisans dersleri ile Çoklu Çözünürlüklü Sinyal Çözümlemesi gibi yüksek lisans dersi içinde uygulama olarak ve doktora programında ise Biyomedikal Sinyallerde Örüntü Tanıma ve Biyomedikal Sistem Tasarımı dersleri olarak yer almaktadır [4]. Ayrıca, bitirme projeleri ile lisansüstü tez çalışmalarının bir kısmı da Biyomedikal Mühendisliği ile ilgili bazı konulardan verilmektedir.

Birçok mühendislik programında olduğu gibi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği programlarında da son sınıf ders planlarında mezuniyet çalışması yer almaktadır. Bu ders bazen; bitirme projesi, bitirme tezi, bitirme ödevi, mezuniyet ödevi v.b. şeklinde de adlandırılabilir. Mezuniyet projesi çalışmaları genellikle yeni bir konunun araştırılması veya bir sistem/yazılım tasarımı şeklinde olabilmektedir. Bu çalışmada vurgulamak istediğimiz, Biyomedikal Mühendisliği alanında elektronik kökenli verilecek bitirme projesi çalışmalarının, tasarım tabanlı olmasının önemi ve bu konudaki bazı önerileri ele almaktır.

### III. BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE YABANCI ÜNİVERSİTELERDEKİ TASARIM PROJESİ DERSLERİNİN İNCELENMESİ

Dünya ölçeğinde, teknik (mühendislik) eğitim müfredatı farklı bileşenler içermesine rağmen, sosyal bilimler, matematik, fizik-kimya gibi özellikleri kapsamaktadır [5]. Amerika Birleşik Devletlerinde, ABET (Mühendislik ve Teknoloji için Akreditasyon Kurulu – Accreditation Board for Engineering and Technology) mühendislik programlarının değerlendirilmesinde yetkili bir kuruluştur. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Enstitüsü – IEEE (Institute of Electrical-Electronics Engineers); ABET’i finansal olarak desteklemektedir. Takip eden alt

bölümlerde özellikle Amerika Birleşik Devletlerindeki Biyomedikal Mühendislik eğitiminde yer alan tasarım derslerine (senior design courses) ilişkin değerlendirmeler özetlenecektir.

### **Ana Tasarım Projesi Derslerinin Önemi**

Birçok endüstri araştırması ve akademik çalışma, yeni mezun mühendislerin endüstriyel ortamdaki kariyerlerine yetersiz hazırlandıklarını göstermektedir [6]. Bu boşluklar; takım çalışması, iletişim, iş ortamı beceri ve bilgisi ve çeşitli çoklu disiplinler gruplarla etkileşim yeteneği olarak tanımlanabilir. Amerika Birleşik Devletlerinde yaklaşık olarak 49 adet lisans düzeyinde Biyomedikal Mühendisliği programı olup, müfredatlarında bir ana tasarım dersi yer almaktadır. Bu dersler, öğrencilere takımda çalışma yeteneği verirken, daha önceki derslerde kazandıkları bilgileri açık-uçlu gerçek dünya sorunlarına çözüm getirme olanağı sağlarlar. Ana tasarım projesi dersi; tasarım geliştirme, analitik yaklaşım, proje yönetimi ile yazılı ve sözlü iletişim yeteneği de sağlar. Bu dersler aynı zamanda, tıbbi teknolojinin ticarileştirilmesi, geliştirilmesi ile tasarım özelliklerinin ekonomik, parasal, yasal yönlerin anlaşılması mümkün kılar.

Ana tasarım projesi dersi, öğrencinin Biyomedikal Mühendisliği kariyerine hazırlanması için mükemmel bir araçtır. Belki de lisans düzeyinde almış olduğu en önemli derstir [6].

### **Ana Tasarım Projesi Derslerine Endüstri Açısından Bakış**

Ana tasarım projesi dersleri; öğrencilere, ürün geliştirme süreci, proje yönetimi ve takım çalışması hakkında bilgi verir. Birçok ana tasarım proje dersinde endüstri temsilcileri, öğretim ve pazarlamada rol alırlar. Bu durum, hem öğrencilere hem de öğretim elemanlarına ve akademik kurumlara birçok fayda sağlamaktadır [7].

Tıbbi cihaz firmalarında çalışan mühendis ve diğer profesyonel personel, ana tasarım proje dersinde konuk öğretim elemanı, müfredat danışmanı ve proje tasarım destekleyicisi olarak katılımda bulunabilirler. Konuk öğretim elemanı olarak uygulamacı mühendisler; kendi alanların pratik, gerçek dünya bakış tarzını aktararak biyomedikal mühendisliğinin uygulamasına destek verirler. Endüstride çalışan mühendislerden alınan görüşler, projelerin amaçlarının belirlenmesinde ve biyomedikal mühendisliği uygulamalarında ve kariyer hazırlığında çok faydalı olabilmektedir. Ana tasarım proje dersi amaçları, içeriği ve diğer gerekli unsurları endüstri danışma komitesi üyeleri tarafından gözden geçirilmesi ders içeriğinin daha ince bir şekilde ayarlanmasına yardımcı olmaktadır [7].

Akademik kurumların, ana tasarım projesi endüstri destekçilerinden olan kazanımları; yüksek kaliteli projelerin ortaya çıkartılabilmesi, proje tecrübesi ve öğrencilerin projelerini tamamlayabilmeleri için mevcut kaynaklara katkı şeklinde sıralanabilir [7].

Birçok okulda; proje destekleyicisinin sorun ve beklentilerinin karşılanabilmesi için ana tasarım projesi takımının prototipleri gerçekleştirme ve test etme gereksinimi vardır. Öğrenciler tipik olarak üniversitenin bilgisayar ağına, kütüphanelerine, atölye ve laboratuvarlarına erişebilmektedirler.

Özet olarak, ana tasarım projelerinde endüstrinin de yer almasında birçok faydalar vardır. Çalışan veya emekli tecrübeli mühendisler; konuşmacı, müfredat danışmanı veya proje destekleyicisi olarak çağrılabilirler. Bu tarz endüstri/akademi işbirliği; üniversiteye, öğrencilere ve destekleyici firmalara yarar sağlayacaktır.

### **Ana Tasarım Projesi Derslerine Klinik Açından Bakış**

Biyomedikal mühendisleri, teknik yazının (literatür) yanı sıra az düzeyde de olsa klinik bilgisine sahip olmalıdırlar. Bu konuya, tıbbi ve cerrahi terminoloji ve uygulama bilgisi dahildir. Öğrenciler için sadece tıbbi cihazların nasıl tasarıldıkları ve işlevlerinin anlaşılması değil aynı zamanda bu cihazların hastalar, doktorlar, cerrahlar, hemşireler ve fizik terapi uzmanları tarafından nasıl kullanıldıkları da önemlidir. Tasarımlanan tıbbi cihazların tamamen kullanıcının gereksinimlerini karşılayabilmesi ve ilgili tıbbi sorunlara etkin ve ucuz çözümler bulunabilmesi için biyomedikal mühendislerinin bu tarz bilgiye gereksinimi vardır [8].

Klinik yazının (literatür) diğer bir bileşeni, çözümleri teknoloji uygulamaları içeren klinik sorunların ele alınmasıdır.

Tıbbi profesyonellerle çalışan öğrencilerin tıbbi cihazlara ilişkin uygulamaları doğrudan gözlemlenmesi çok faydalıdır. Öğrenciler olasılıkla, tıbbi teknolojinin klinik yanları hakkında birçok konuyu; gözleme ve tıbbi profesyonellerin hastalarla doğrudan yaptıkları konuşmalardan öğrenmektedirler. Bu onlara, doktor ve hasta bakış tarzını anlamayı mümkün kılar [8].

Öte yandan klinik mühendisler; görüntüleme ve izleme sistemleri, tedavi cihazları ve cerrahi enstrümantasyon gibi hastane tabanlı sağlık teknolojilerinin değerlendirme, kullanma, gerçekleştirme ve bakımı konularında daha çok bilgiye sahiptirler. Onlar, işlerlikteki cihazların sorunları hakkında öğrencilere bakış tarzı kazandırır. Bu durum, öğrencilerin yeni cihaz özelliklerinin oluşturulmasında; düşük harcamalı, iyileştirilmiş servis ve bakım olanaklı, hasta güvenliği artırılmış tasarımların gerçeklenmelerine yardımcı olmaktadır.

### **ABET Çıktıları ve Ana Tasarım Projeleri**

Amerika Birleşik Devletlerindeki lisans düzeyindeki tüm mühendislik programlarının, ABET değerlendirmeleri gereği sıralanan, özel öğrenme çıktılarına sahip olması gerekmektedir [9]. Bu çıktılar; özel yetenekler, bilgi

alanları ve davranış kazandırma şeklinde gruplandırılabilen ve bunları mezuniyetlerine kadar öğrencilerin kazanması gerekmektedir. ABET gözlemcileri, öz değerlendirmeler ve ölçümlerle bu çıktılarının ne kadar kazanıldığını belirlemektedirler.

Birçok ana tasarım projesi dersi öğrencinin ürün geliştirme süreci bilgisi, profesyonel mühendislik pratiği ve tıbbi cihaz tasarımına ilişkin yasal, etik ve ekonomik yönlerin kazanılmasını ele almaktadır. Bu dersler aynı zamanda; tasarım geliştirme, iletişim ve takım tabanlı proje deneyimi üzerinden kişiler arası davranış yeteneği kazandırır. Dolayısıyla tasarım proje dersleri, ABET öğrenme çıktılarının karşılanmasında çok önemli rol oynayabilmektedirler. ABET'in; sistem, bileşen veya sürecin tasarlanmasına ilişkin çıktısı aşağıdaki başarımların göstergelerine göre değerlendirilmektedir.

- Müşterinin (proje isteğinde bulunan) gereksinimlerinin tanımlanması
- Tasarım kısıtlamalarının tanımlanması
- Alternatif çözümlerin sunulması
- Çözülecek problemlerin tanımlanması
- Proje sınırlarının (içeriğinin) tanımlanması
- Alternatif çözümlerin karşılaştırılması
- Son tasarım seçiminin savunulması
- Gereksinimleri karşılayacak prototip ürün yapımı
- Prototip başarımının sınanması

Bu başarımların göstergeleri aşağıdaki değerlendirme araçları ile değerlendirilmektedir.

- Proje tanımlama belgesi; proje amaç bildirgesi, mevcut çözümler, tasarım kısıtlamalarını içerir.
- Müşteri gereksinim belgesi; tasarım kısıtlamaları ile birlikte müşteri gereksinimlerini listeler.
- Üretilmiş kavram belgesi; proje takımı tarafından üretilmiş potansiyel çözümleri içerir.
- Son kavram belgesi; önerilen sonuç tasarım seçimini savunur.
- Deneysel sınama belgesi; test protokollerini, test sonuçlarını, veri analizlerini ve prototipin başarımlarını gereksinimlerini nasıl karşılandığını karara bağladığı belgedir.
- Son rapor; son tasarım, test sonuçları, müşteri gereksinimlerinin nasıl karşılanacağına dair bilgileri içerir.
- Prototip ürününün değerlendirilmesi.

Uygun değerlendirme araçlarının kullanıldığı uygun başarımların göstergelerinin dikkatlice tanımlanması ve değerlendirilmesi; biyomedikal mühendislik programlarının gerekli ABET öğrenme çıktılarının üretilmesinde ana tasarım projesinin rolünü belirlemesine yardımcı olacaktır [9].

#### IV. SONUÇLAR

Ülkemizde de son yıllarda mühendislik eğitimindeki kalite standartını belirlemedeki arayışlar yeni bir boyut kazanmıştır. Bu amaçla, Mühendislik Fakültesi bölümlerinin ulusal ölçekte standart bir kaliteye getirilmesi için MÜDEK (Mühendislik Değerlendirme Kurulu) gönüllü üniversitelerin katkılarıyla oluşturulmuştur. Bu kurulun değerlendirme yaklaşımında, ABET gibi ortaya konulan belirli ölçütlerin gözlenip – ne derece yerelabildiği ölçülmektedir. MÜDEK tarafından tanımlanan program çıktılarını ABET’de olduğu gibi öğrencinin mezun oluncaya kadar kazanması gereken nitelikleri kapsar. Biyomedikal mühendisliği program ölçütleri olarak mezunların aşağıdaki becerilere sahip olduğunun kanıtlanması gerekmektedir. Bu beceriler;

- Biyoloji ve fizyoloji konularını anlayabilme,
- İleri matematik, fen ve mühendislik bilgilerini, biyoloji ve mühendislik ara kesitindeki çözümlerin çözümüne uygulanabilmesi,
- Canlı sistemler üzerinde ölçüm yapabilme ve toplanan verileri yorumlayabilme,
- Canlı ve cansız malzemeler ve sistemler arasındaki etkileşime sorunlarını çözebilmelidirler.

Görüldüğü gibi biyomedikal mühendisliği eğitim programı için ABET ve MÜDEK’in oldukça benzer ölçütler geliştirdiği anlaşılmaktadır.

Dolayısıyla önceki bölümlerde belirttiğimiz gibi ana tasarım proje çalışmaları, ülkemizde biyomedikal mühendisliği alanı yanısıra diğer mühendislik programlarından mezun olacak öğrencilerde aranacak özelliklerden birçoğunu kazandırabilecek çok önemli bir araç olarak görülebilecektir.

Özellikle, ülkemiz gerçeklerine uygun, yani kendi endüstrimizin gereksinimlerini karşılayacak tıp teknolojisi ürün ve sistemlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Öğrencilerin yapacağı ana tasarım projesi (bitirme - mezuniyet projesi) özellikle yazılım ve/veya donanım özelliklerini kapsayan, ağırlıklı olarak yerli piyasadan temin edilebilecek malzemelerle gerçekleştirilebilen tasarım tabanlı çalışmalar olmalıdır. Proje tekliflerinin ilgili sektörden (tıp cihazları endüstrisi ve/veya tıp kurumları) gelmesi amaçlanması gereken diğer bir husus olmalıdır. Böylece, endüstri/akademi işbirliği gerçekleşirken; esnek çözümlere sahip, düşük maliyetli sistemlerin tasarlanabilmesi için uygun bir ortam sağlanacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Yazgan E., Korürek M., “Tıp Elektronik”, İstanbul Teknik Üniversitesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, Türkiye, 1996.
- [2] Yılmaz D., Yıldız M., Yorulmaz M., “Biyomedikal Mühendisliği Eğitiminde; Elektrik-Elektronik, Bilgisayar Mühendisliklerinin Yeri”, Bilgisayar Mühendislikleri I. Ulusal Sempozyumu (Ankara), 30 Nisan-2 Mayıs 2003.
- [3] <http://www.tef.gazi.edu.tr/elektronik-bilgisayar/edersdagilimi.htm>
- [4] <http://www.electronics.ege.edu.tr>

- [5] Vines D.L., "International Technical Education: A Comparative Study of Five Countries", IEEE Technology and Society Magazine. 1990, 9 (3):29-32.
- [6] Jay G., "Let's Talk about Senior Design Courses", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2003, 22 (2):17-111.
- [7] Jay G., "Industry Involvement in Senior Design Courses", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2004, 23 (2):19-20.
- [8] Jay G., "Providing Senior Design Students with a Clinical Perspective", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2006, 25 (2):20-21.
- [9] Jay G., "Senior Design Capstone Courses and ABET Outcomes", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2006, 25 (4):84-86.